

PN - DE3530032 A 19870226

PD - 1987-02-26

PR - DE19853530032 19850822

OPD - 1985-08-22

TI - Current-carrying cable

AB - A current-carrying cable for medium and high frequencies having a plurality of conductors which, in order to reduce the skin effect, are insulated against one another, is able to withstand high thermal and mechanical stresses as a result of conductors made of aluminium being used which are insulated against one another solely by peripheral oxide layers, without additional insulating material sheaths. Preferably, thicker insulating layers are provided by means of anodic oxidation.

IN - MANNERTZ REINER (DE)

PA - MANNERTZ REINER

EC - H01B7/00C2 ; H01B7/22D ; H01B7/30B

IC - H01B7/30

CT - AT34592 A []

CTNP - [] Z.: Michio Takaoka, Tsuneaki Mohtai, Shotaro Yoshida and Masataka Mochizaki "Manufacturing segmental conductors with cupric oxide film-insulated strands", Wire Journal international, Oktober 1983, S. 60-66;

- [] B.: W. Ehlers/H.Lau, "Kabelherstellung" Springer-Verlag, 1956, S. 234 u. 235;

- [] AEG-Elothenn-Prospekt: "Ersatz-, Reserve- und Zubehörteile für Induktionsglüh- anlagen 20 KW-400 KW (V07.0034-479);

- [] AEG-Elothenn-Preisliste (Elo 0700.0720, gültig ab Jan. 1981/I)

* APPENDIX

TI - Cable for medium and HF current - has aluminium conductors mutually insulated by oxide layers

PR - DE19853530032 19850822

PN - DE3530032 A 19870226 DW198709 005pp

- DE3530032 C 19890524 DW198921 000pp

PA - (MANN-I) MANNERTZ R

IC - H01B7/30

IN - MANNERTZ R

AB - DE3530032 Several cable covers are mutually insulated for reducing the skin effect. The conductor cores (2) are made of aluminium and mutually insulated only by peripheral oxide layers, pref. reinforced by anodising. The cable cores may be round wires, or metal strips. The cable is provided by a sheath (4,5) of temp. resistant insulant.

- The sheath is a braided glass fibre hose. The cable is a wrapping of mineral fibre material. The protective sheath is formed by a steel mesh hose. A rubber reinforcement is also provided. A tension resistant rope (3) is included.

- USE/ADVANTAGE - Sturdy in application. High thermal low-bearing capacity. Induction heating of ring shaped objects.(1/2)

OPD - 1985-08-22

AN - 1987-057504 [09]



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 35 30 032.9
㉑ Anmeldetag: 22. 8. 85
㉒ Offenlegungstag: 26. 2. 87

DE 3530032 A1

㉓ Anmelder:
Mannertz, Reiner, 4506 Hagen, DE

㉔ Vertreter:
Busse, V., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.jur.; Busse, D.,
Dipl.-Ing.; Bünemann, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 4500
Osnabrück

㉕ Erfinder:
gleich Anmelder

⑤④ **Stromleitungskabel**

Ein Stromleitungskabel für mittlere und hohe Frequenzen mit mehreren zur Minderung des Skin-Effekts gegeneinander isolierten Leitern erhält eine hohe thermische und mechanische Beanspruchbarkeit dadurch, daß Leiter aus Aluminium verwandt werden, die gegeneinander ohne zusätzliche Isolierstoffummantelung lediglich durch umfangsseitige Oxidschichten isoliert sind. Vorzugsweise werden verstärkte Isolierschichten durch anodische Oxidation vorgesehen.

DE 3530032 A1

Patentansprüche

- 1 Stromleitungskabel für mittlere und hohe Frequenzen mit mehreren zur Minderung des Skin-Effekts gegeneinander isolierten Leitern, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter (2, 7) aus Aluminium bestehen und gegeneinander ohne zusätzliche Isolierstoffummantelung durch umfangsseitige Oxidschichten isoliert sind
- 2 Stromleiterkabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxidschichten mittels anodischer Oxidation verstärkt sind
- 3 Stromleiterkabel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter aus Runddrahten (2) bestehen
- 4 Stromleiterkabel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter in Form flacher Bänder (7) ausgebildet sind
- 5 Stromleiterkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß es eine Ummantelung aus temperaturbeständigem Isoliermaterial (4, 5, 8, 9) aufweist
- 6 Stromleiterkabel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Ummantelung aus einem Glasfaser-Gewebeschauch (5, 9) aufweist
- 7 Stromleiterkabel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Umwicklung (8) aus mineralischem Fasermaterial aufweist
- 8 Stromleiterkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Schutzmantel aus einem Stahlgewebeschauch (4) trägt
- 9 Stromleiterkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Gummierung aufweist
- 10 Stromleiterkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß es ein zugfestes Seilelement (3) umfaßt
- 11 Stromleiterkabel nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Seilelement als Stahlseele (3) ausgebildet ist

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Stromleitungskabel für mittlere und hohe Frequenzen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1

Stromleitungskabel für mittlere und hohe Frequenzen weisen einen ohmschen Widerstand auf, der infolge des Skin-Effekts, d. h. der durch Selbstinduktion verursachten Stromverdrängung zum Leiterumfang hin, größer als der Gleichstromwiderstand ist. Um diesen regelmäßig unerwünschten Effekt zu unterdrücken, werden Leiter beispielsweise in Form einer Hochfrequenzlitze ausgeführt, die eine relativ große Oberfläche bezogen auf den Querschnitt aufweist. Die dazu erforderliche Isolierung der einzelnen Leiter wird üblicherweise durch Lack oder Kunststoffummantelungen gebildet. Derartige Isolierungen sind für einen Temperaturbereich bis zu oder geringfügig über 100°C geeignet, welcher für weite Anwendungsbereiche, insbesondere den Schwachstrombereich und den Bereich mittlerer Belastungen, ausreicht.

Bei hohen thermischen Belastungen erweist sich das herkömmliche Stromleitungskabel als anfällig. Dies wird anschaulich bei Kabeln für das Induktionsglühen ringförmiger Werkstücke, die um das Werkstück gelegt werden und mittels induzierter Ströme eine Wärmebehandlung des Werkstücks ermöglichen. Auf diese Weise

können beispielsweise Schweißnahte an Stahlrohren oder Stahlringen spannungsfrei gegluht werden.

Bei einer solchen Behandlung lassen sich die am Werkstück angelegten Stromleitungskabel zwar auf einem Temperaturwert halten, der erheblich unter dem des Werkstücks liegt, indem man für eine Wärmeisolierung zwischen Werkstück und Kabel sorgt und das Kabel im übrigen zur Außenluft hin freilegt — die sich damit ergebende Kühlung des Kabels reicht in vielen Fällen aber nicht aus.

Zur Abhilfe ist man bei Stromleitungskabeln für das Induktionsglühen bereits in großem Maße dazu übergegangen, solche Kabel mit einer inneren Wasserkühlung zu versehen. Eine solche Wasserkühlung ermöglicht eine gute Wärmeabfuhr, macht das Kabel jedoch teuer, unhandlich und anfällig. Es hat sich gezeigt, daß ein solches Kabel üblicherweise nur einige Male verwandt werden kann, bis sich durch wiederholte Biegebewegungen, durch Druck oder Schlagbeanspruchungen oder auch durch örtliche Überhitzungen Defekte in der Kühlung oder im Kupferkörper des Kabels einstellen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Stromleitungskabel für mittlere und hohe Frequenzen und relativ hohe thermische Belastungen zu schaffen, welches in der Herstellung preisgünstig und in der Anwendung robust und insbesondere hoch thermisch belastbar ist.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe von einem Stromleitungskabel nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ausgehend mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Gemäß der Erfindung ist es möglich, ein Stromleitungskabel durch "nackt" zusammengebündelte Einzelleiter, d. h. durch Leiter, die keinen weiteren Isolationsmantel aus Kunststoff, Lack o. dgl. benötigen, herzustellen. Hierzu ist lediglich vorzusehen, daß Leiter aus Aluminium verwandt werden, die an ihrer Oberfläche eine Oxidschicht tragen, welche isolierend wirkt und sehr hart ist (was sonst bei Verwendung von Aluminium für die Stromleitung häufig zu Anschluß- und Kontaktproblemen führt) und welche überdies hohe Temperaturen zerstörungsfrei verträgt. Der Schmelzpunkt des Aluminiumoxids von über 2050°C liegt weit oberhalb des Aluminium-Schmelzpunkts von etwa 660°C.

Die Möglichkeit, die einzelnen Leiter ohne Ummantelung zusammenzulegen, dazu allerdings Aluminium einzusetzen und dessen Oxidhaut als Isolierung zu benutzen, ist insbesondere auch durch die sehr kleinen Spannungen zwischen den aneinanderliegenden Leitern bedingt. Im Idealfall weist ein solches Stromleitungskabel in jedem Querschnitt gleich große Einzelleiter gleichen spezifischen Widerstands auf, die auch zu den endseitigen Bspannungsanschlüssen gleiche Längen aufweisen, so daß sich bei Gleichstrombelastung keine Spannungen zwischen benachbarten Leitern ergeben können und im Wechselstromfall Spannungen lediglich induktionsbedingt auftreten, insbesondere im Sinne der die Stromverdrängung verursachenden Selbstinduktion. Bei relativ kleinen Abmessungen der Einzelleiter treten zwischen diesen auch nur geringe Unterschiede im verketeten Magnetfluß und dementsprechend auch nur geringe Teilspannungen von Leiter zu Leiter auf, so daß ein Spannungsdurchschlag bereits mit einer sehr dünnen Isolationsschicht abgewendet werden kann.

Vorzugsweise wird die Oxidschicht besonders verstärkt, wozu insbesondere bekannte Verfahren anodischer Oxidation eingesetzt werden können. Beispielsweise kann ein Einzeldraht oder eine Gruppe auf Abstand zueinander geführten Drahte durch ein Oxida-

tionsbad geführt werden, wobei diese Drähte als Anode eine im wesentlichen von der Stromstärke und der Einwirkungsdauer abhängige Oxidschicht erhalten. Eine solche Behandlung kann in einem Durchlaufverfahren erfolgen, so daß beliebig lange Drähte auch auf begrenztem Raum elektrisch oxidiert werden können.

Ein so geschaffenes Stromleiterkabel für mittlere und hohe Frequenzen findet nicht nur beim Induktionsglühen vorteilhafte Anwendung, sondern auch in sonstigen Bereichen hoher thermischer Belastung, die beispielsweise durch die Nähe von Öfen oder sonstiger Wärmequellen bedingt sein kann oder auch schon bei hoher Strombelastung eines solchen Kabels durch unzureichende Kühlung eintreten mag.

Es versteht sich, daß ein solches Stromleitungskabel außenseitig durch geeignete Ummantelungen geschützt sein kann, beispielsweise durch einen Schlauch aus Mineralfasergewebe oder eine entsprechende Umwicklung, zusätzlich kann eine Schutzarmierung durch einen Gewebeschlauch aus rostfreiem Stahl vorgesehen sein.

Insbesondere im Hinblick auf die Verformbarkeit und den niedrigen Schmelzpunkt des Aluminiums kann die Zugfestigkeit erhöht und die Dehnbarkeit des Kabels vermindert werden, indem Adern aus festerem Material, etwa aus Stahl oder Mineralfaser mit eingezogen werden. Insbesondere ist eine Seele aus rostfreiem Stahl hierzu geeignet.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung, in der zwei Ausführungsbeispiele des Gegenstands der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert sind. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 Stufenweise abgesetzte Ansicht eines Rundkabels und

Fig. 2 stufenweise abgesetzte Ansicht eines Flachkabels.

Das in **Fig. 1** dargestellte, insgesamt mit **1** bezeichnete Rundkabelstück besteht größtenteils aus einem Bündel untereinander im Querschnitt gleicher Aluminiumleiter **2**. Es handelt sich jeweils um Aluminiumdrähte runden Querschnitts mit einem Durchmesser von 1 mm, deren Umfang eine durch elektrische Oxidation verstärkte Oxidschicht aufweist, so daß diese trotz direkter Anlage aneinander gegenseitig elektrisch isoliert sind. Die einzelnen Leiter sind im vorliegenden Fall im wesentlichen parallel zueinander und zur Ausrichtung des Kabels **1** geführt, können aber auch sowohl zur Erhöhung der Festigkeit wie auch zur besseren Verteilung der Induktionsbelastung untereinander verdreht oder verwoben sein.

Das Bündel von Aluminiumleitern **2** umschließt eine Stahldraht-Seele **3**, die dem Kabel eine hohe Zugbelastung verleiht und insbesondere den Wärmedehnungen entgegenwirkt, zu denen die Aluminiumleiter **2** neigen. Damit läßt sich ein Kabel als Induktionskabel um ein induktiv zu beheizendes Werkstück legen, ohne daß erhebliche Längenänderungen des Kabels und Verlagerungen des Kabels bei der Induktionsbehandlung erwartet werden müssen.

Umfangsseitig ist das Stromleitungskabel durch eine Isolierung und Bewehrung geschützt, wozu im vorliegenden Fall ein Mantel **4** aus einem Gewebe rostfreien Stahls sowie ein weiterer Mantel **5** aus Glasfasergewebe aufgebracht sind. Derartige Bewehrungen sind insbesondere für harte thermische und mechanische Beanspruchungen geeignet, wie sie bei Induktionskabeln vorkommen. Bei Zuleitungskabeln — etwa zu den eigentlichen Induktionskabeln — sind auch Ummantelungen

aus Gummi oder relativ wärmefestem Kunststoff geeignet.

Das in **Fig. 2** dargestellte, insgesamt mit **6** bezeichnete Flachkabelstück enthält ein Paket über die gesamte Kabellänge durchlaufender, flach aufeinanderliegender Bänder **7** aus Aluminium, die an zumindest einer ihrer beiden Oberflächen durch elektrische Oxidation mit einer Oxidschicht versehen sind. Diese Bänder weisen gleichfalls eine bezüglich ihres Querschnitts große Oberfläche auf, so daß die frequenzabhängige Stromverdrängung in den einzelnen Leitern unterdrückt wird, wobei die Isolationsschicht aus Aluminiumoxid einen Übergang von Leiter zu Leiter verhindert. Die Bänder werden als Paket durch eine Umwicklung **8** mit einer Mineralfaser zusammengehalten und durch einen Schlauch **9** aus Mineralfasergewebe zusätzlich geschützt und nach außen abgeschlossen.

Ein derartiges Flachkabel eignet sich angesichts seiner Biegsamkeit quer zur Bänderebene und seiner Steifigkeit in Richtung der Bänderebene für das Anlegen an Rohren oder Ringteilen, die einer Wärmebehandlung durch Induktionsglühen auszusetzen sind.

In beiden vorbeschriebenen Fällen können die einzelnen Leiter von handelsüblichem Aluminium-Halbzeug ausgehend durch ein geeignetes Verfahren zur elektrischen Oxidation mit einer Oxidhaut vorgebbare Stärke ausgestattet werden, so daß ein im Vergleich zu herkömmlichen lack- oder kunststoffisolierten Kabeln (mit oder ohne Wasserkühlung) robustes und hochbelastbares Kabel entsteht. Die Oxidschicht ist nicht nur derart wärmefest, daß in vielen Fällen ein induktiv zu behandelndes Werkstück seine Curie-Temperatur erreichen kann, ohne daß das Kabel einen kritischen Temperaturwerk erreicht, sondern auch mechanisch robust, so daß hohe und auch langzeitige Beanspruchungen unkritisch aufgenommen werden können.

